

## دور الطاقة الذرية في تنمية المجتمع

# تأثيرات الأسلحة النووية

## القسم الثاني : الاسس العلمية للتفجيرات النووية

وتنطبق القيم المبينة في الجدول (1) بشكل تقريبي على انشطار اليورانيوم 235 واليورانيوم 233 والبلوتونيوم 239 ، وهي العناصر الثلاثة المعروفة التي تتصف بثبات كافٍ يجعل تخزينها ممكناً دون الخوف من انحلالها ولديها قابلية الانشطار عند قذفها ببترونات بطاقات مختلفة . وهي العناصر الوحيدة المستخدمة للحصول على تفاعل انشطاري متسلسل . أما اليورانيوم 238 والثوريوم 232 الموجودة بوفرة في الطبيعة فإنها لا تنشط عند قذفها بالبترونات إلا إذا كانت طاقة النترون عالية ، لذلك فإن هذين العنصرين لا يستطيعان المحافظة على تفاعل انشطاري متسلسل . من ناحية أخرى فإن توزيع طاقة الانشطار لهذين العنصرين يماثل توزيعها في انشطار العناصر الثلاثة السابقة كما في الجدول (1) . عند حدوث انفجار نووي فإن جزءاً من طاقة الانشطار يكون متوفراً على الفور ، وهذا يشمل طاقة الحركة لنواتج الانشطار ومعظم طاقة أشعة جاما اللحظية (المنبعثة لحظة الانفجار) ، التي تتحول إلى أشكال أخرى من الطاقة داخل السلاح المتفجر ، إضافة إلى معظم طاقة الحركة للبترونات . غير أن ذلك الجزء يشمل قسماً صغيراً من طاقة الانحلال لنواتج الانشطار . وهناك بعض التعويض من الطاقة المحررة نتيجة للتفاعلات التي تقوم بعض مخلفات السلاح النووي المتفجر فيها بانتزاع البترونات ، لذلك فإن الطاقة المتوفرة على الفور نتيجة كل انشطار نووي للنواة تساوي 180 Mev تقريباً . وهناك  $6.02 \times 10^{23}$  نواة في كل 235 غرام من اليورانيوم 235 (أو في 239 غرام من البلوتونيوم 239) ، وباستخدام المكافئ الحراري للكيلوطن الواحد من مادة تي إن تي البالغ  $10^{12}$  سرعة حرارية فإننا نحصل على قيم الطاقة المبينة في الجدول (2) لطاقة الانفجار الخاصة بأنسجين من المواد الانشطارية (أي 57 غرام أو 0.057 كيلوغرام) .

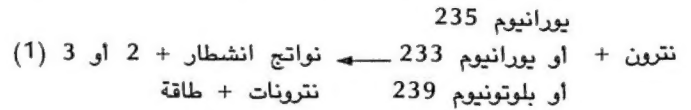
### الجدول (2)

مكافئات الطاقة للكيلوطن الواحد  
من مادة تي إن تي

انشطار 57 غرام من مادة انشطارية	$4.18 \times 10^{12}$ جول	$10^{12}$ سرعة حرارية
بشكل كامل أي انشطار $1.45 \times 10^{23}$		$2.6 \times 10^{25}$ مليون الكرتون فولت
نواة		$4.18 \times 10^{19}$ إرغ
		$1.16 \times 10^6$ كيلواط ساعة
		$3.97 \times 10^9$ وحدة حرارية بريطانية

### 1 - طاقة الانشطار :

إن النقطة الهامة في انشطار ذرة يورانيوم (أو بلوتونيوم) عند قذفها ببترون ، بجانب انتاج كمية كبيرة من الطاقة ، هي أن عملية الانشطار تكون مصحوبة بانبعثات تلقائي لنترونين أو أكثر ، كما في المعادلة التالية :



وبمقدور البترونات الناتجة عن الانشطار في هذه الحالة إحداث انشطار في نوى أخرى من اليورانيوم (أو البلوتونيوم) ، ويؤدي كل واحد من هذه الانشطارات إلى انبعثات بترونات جديدة تقوم بدورها بشطر ذرات جديدة وهكذا دواليك ... وبناء على ذلك فإنه بمقدور نترون واحد ، من حيث المبدأ ، أن يبدأ سلسلة انشطارات نووية مما يؤدي إلى ازدياد عدد النوى المعرضة للانشطار وازدياد الطاقة الناتجة بمعدل كبير جداً ، كما هو موضح في أدناه .

تنشط نوى ذرات اليورانيوم (أو البلوتونيوم) إلى جزئين لكل منها بطرق شتى إلا أن الطاقة الكلية المحررة نتيجة الانشطار الواحد تبقى ثابتة تقريباً . وتبلغ هذه الطاقة في المتوسط 200 مليون الكرتون فولت (200 Me V) ، ويعادل المليون الكرتون فولت من الطاقة مقدار  $1.6 \times 10^{-6}$  إرغ (erg) أو  $1.6 \times 10^{-13}$  جول (joule) . ويبين الجدول (1) كيفية توزيع طاقة الانشطار على النواتج الناتجة من الانشطار وعلى الاشعاعات المختلفة المصاحبة لعملية الانشطار .

### الجدول (1)

توزيع طاقة الانشطار

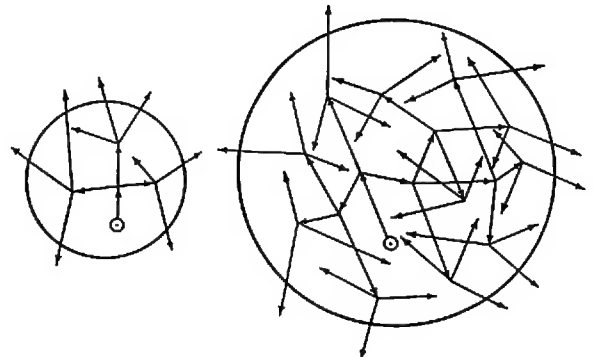
الطاقة (Mev)	
$165 \pm 5$	طاقة حركة للنواتج الناتجة عن الانشطار
$7 \pm 1$	طاقة لأشعة جاما المنبعثة لحظة الانشطار
$5 \pm 0.5$	طاقة حركة للبترونات المنبعثة أثناء الانشطار
$7 \pm 1$	جسيمات بيتا المنبعثة من نواتج الانشطار
$6 \pm 1$	طاقة أشعة جاما المنبعثة من نواتج الانشطار
10	جسيمات البترونات المنبعثة من نواتج الانشطار
$200 \pm 6$	الطاقة الكلية لكل عملية انشطار

## 2 - الكتلة الحرجة لتفاعل انشطاري متسلسل :

مع أنه ينتج نوترونان أو ثلاثة في كل تفاعل نووي انشطاري ، إلا أن هذه النوترونات لا تكون جميعها متوفرة لأحداث انشطارات نووية جديدة . فبعضها يفقد عن طريق الهرب وبعضها الآخر يفقد عن طريق تفاعلات أخرى غير انشطارية . ولضمان المحافظة على تفاعل انشطاري متسلسل ، يطلق الطاقة باستمرار ، فإنه يجب توفر نوترون واحد على الأقل نتيجة كل انشطار نووي يكون مخصصاً لإحداث انشطار جديد . وإذا كانت شروط التفاعل بحيث أن معدل فقدان النوترونات يفوق معدل إنتاجها ، نتيجة للتفاعل الانشطاري ، فإن التفاعل المتسلسل لا يكون قادراً على الاستمرار التلقائي ولا بد من إمداده بالنوترونات من مصدر خارجي لكي يستمر . وفي هذه الحالة ينتج بعض الطاقة إلا أنها لا تكون كبيرة بما فيه الكفاية ، ولا يكون معدل إنتاجها سريعاً بما يكفي لأحداث انفجار فعال . يتضح مما تقدم أنه من الضروري إيجاد ظروف ملائمة يكون فقدان النوترونات فيها أقل ما يمكن لضمان الحصول على تفاعل انشطاري متسلسل ومستمر . وفي هذا الخصوص ، فإن أهم عامل يجب أخذه في الحسبان هو النوترونات الهاربة من المادة التي يحدث فيها الانشطار .

يحدث هروب النوترونات من السطح الخارجي لمادة اليورانيوم أو البلوتونيوم ، ويعتمد معدل هروب النوترونات بالتالي على المساحة السطحية للمادة . من جهة أخرى ، تتم عملية الانشطار ، التي تولد نوترونات إضافية ، داخل جسم المادة ويعتمد معدل توليدها على كتلة المادة . وبزيادة كتلة المادة المنشطرة ، مع المحافظة على ثبات كثافتها ، فإن النسبة بين المساحة السطحية والكتلة تنقص ؛ وبالتالي فإن النسبة بين فقدان النوترونات عن طريق الهرب وتوليدها عن طريق الانشطار تنقص أيضاً . ويمكن الوصول إلى نفس النتيجة عن طريق المحافظة على كتلة ثابتة ولكن تقليل مساحة سطح المادة بضغطها إلى حجم أقل (أي بزيادة كثافتها) بحيث تقل مساحة السطح .

ويمكن فهم الموضوع بالاستعانة بالشكل (3) الذي يبين كرتين ، إحداهما أكبر من الأخرى ، من مادة انشطارية ذات كثافة واحدة . يبدأ الانشطار بواسطة النوترون المثل بنقطة محاطة بدائرة صغيرة في الشكل . ولنفترض أن كل انشطار يكون مصحوباً بإنبعاث ثلاثة نوترونات ، بمعنى أنه مقابل كل نوترون ينتزع (يمتص) فإن هنالك ثلاثة نوترونات تحرر . وتمثل عملية إزالة نوترون (أو انتزاعه) في الشكل برأس سهم ، لذلك فإن كل رأس سهم داخل الكرة يعني أن انشطاراً قد حدث وأن نوترونات إضافية قد نتجت ، ويدل وجود رأس سهم خارج الكرة على أن نوتروناً قد فقد (بالهرب من السطح) . ومن الواضح من الشكل (3) أن نسبة النوترونات المفقودة إلى النوترونات المولدة في حالة الكرة الصغيرة أكبر منها في حالة الكرة الكبيرة .



الشكل (3) : تأثير زيادة كتلة المادة الانشطارية على التقليل من النوترونات المفقودة عن طريق الهرب

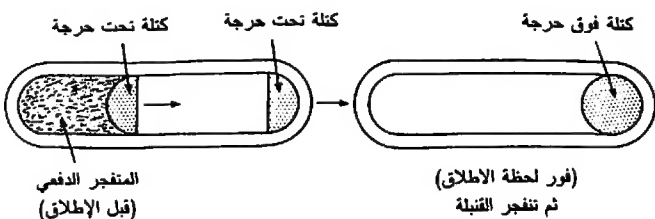
إذا كانت كمية نظير اليورانيوم الانشطاري (أو البلوتونيوم) من الكبير بحيث أن نسبة مساحة السطح إلى الكتلة كبيرة ، فإن الجزء المفقود من النوترونات عن طريق الهرب يكون كبيراً جداً ، لدرجة أن انتشار التفاعل الانشطاري المتسلسل داخل الكتلة واحداث انفجار لن يكون ممكناً . ويقال لهذه الكمية من المادة أنها كمية « تحت حرجة » (Subcritical) . ومع ازدياد كتلة كمية اليورانيوم الانشطاري (أو البلوتونيوم) ، أو مع إنقاص حجم الكمية عن طريق الضغط ، فإن الجزء المفقود من النوترونات عن طريق الهرب يصبح أقل ، فإننا نصل إلى نقطة يكون فيها التفاعل الانشطاري المتسلسل ذاتياً . ويطلق على كتلة اليورانيوم هذه اسم « الكتلة الحرجة » (Critical mass) للمادة الانشطارية تحت الظروف السائدة .

لكي يحدث الانفجار النووي في سلاح نووي ما ، يجب أن يحتوي السلاح على كمية كافية من اليورانيوم الانشطاري (أو البلوتونيوم) تزيد عن الكتلة الحرجة . وتعتمد الكتلة الحرجة في الواقع على عدة عوامل منها : شكل المادة الانشطارية ، تركيبها وضغطها وكثافتها ، وعلى وجود شوائب داخل المادة تكون قادرة على إزالة النوترونات بتفاعل لا انشطاري . ويمكن تقليل عدد النوترونات الهاربة بإحاطة المادة الانشطارية بمادة « عاكسة » للنوترونات ، وبالتالي يمكن تقليل مقدار الكتلة الحرجة . من ناحية أخرى ، فإن العناصر ذات الكثافة العالية التي تستخدم كعاكسات جيدة للنوترونات عالية الطاقة تمثل عطالة (Inertia) تؤخر تمدد المادة المنفجرة . وهكذا فإن فعل العاكسات يشبه فعل المدك (أو المرص) في عمليات التفجير المألوفة . ونتيجة للخواص العاكسة للنوترونات وللخواص العطالة والدك هذه ، فإن « المدكات » (Tamper) تسمح باستخدام المادة الانشطارية داخل السلاح النووي بكفاءة أكبر .

## 3 - بلوغ الكتلة الحرجة في سلاح نووي :

نتيجة لوجود نوترونات طائشة في الجو أو لاحتمالية توليد النوترونات بشتى الطرق ، فإن أية كتلة من اليورانيوم الانشطاري أو البلوتونيوم تزيد عن الكتلة الحرجة ستكون عرضة للانصهار أو حتى للانفجار بسبب التفاعل الانشطاري المتسلسل . لذلك فإنه يتحتم عدم وضع أية قطعة تزيد كتلتها عن الكتلة الحرجة في السلاح النووي قبل مرحلة التفجير . وللحصول على تفجير نووي فإنه يجب جعل الكتلة « فوق حرجة » (Super critical) ، أي أكبر من الكتلة الحرجة ، في وقت قصير بما يكفي لمنع حدوث ترتيب « تحت متفجر » (Subexplosive) يؤدي إلى ذوبان الكتلة وليس لانفجارها ، أي أنه يلزم الانتقال من حالة الكتلة تحت الحرجة إلى حالة الحرجة أو فوق الحرجة انتقالاً آنياً وبأقصى سرعة ممكنة .

وهناك طريقتان تتبعان لغاية الانتقال من الحالة تحت الحرجة إلى الحالة فوق الحرجة . توضع قطعان (أو أكثر) من المواد الانشطارية ، في الطريقة الأولى ، كتلة أي منهما أقل من الكتلة الحرجة داخل السلاح في ترتيب يشبه ما سورة المدفع وتقربان بعضهما من بعض بسرعة كبيرة جداً لتكوّن الكتلة الحرجة لحظة الانفجار ، انظر الشكل (4) . ويتحقق تقريب



الشكل (4) : توضيح لمبدأ منظومة السلاح النووي التي تستخدم المتفجرات التقليدية لإطلاقها ونقلها من حالة الكتلة تحت الحرجة إلى حالة الكتلة فوق الحرجة في وضع ماسورة المدفع

ذكرنا سابقاً أن بعض النترونات الناتجة عن الانشطار يضيع نتيجة للهروب من السطح وللتفاعلات النووية غير الانشطارية ، أي لا تؤدي جميع النترونات الناتجة إلى تفاعلات انشطارية جديدة . لنفترض أن  $f$  من النترونات ينتج عند انشطار نواة معينة وأن العدد المفقود من هذه النترونات في المتوسط هو  $1-f$  . إن عدد النترونات الباقية المتوفرة لحدوث انشطارات جديدة بالتالي يكون مساوياً  $(f-1)$  . لنفترض أن  $N$  من النترونات كان موجوداً في لحظة ما ، عند انتزاع هذه النترونات من قبل نوى انشطارية فإن عدد النترونات الناتجة مع نهاية جيل واحد سيكون مساوياً  $N(f-1)$  . وعليه فإن الزيادة في عدد النترونات لكل جيل تكون  $N(f-1)$  ، أو  $N(f-1-1)$  . إن من الملائم تمثيل الكمية  $(f-1-1)$  بالرمز  $x$  . وإذا كان زمن الجيل الواحد  $g$  فإن معدل ازدياد عدد النترونات  $dN/dt$  يعطي بالمعادلة

$$(2) \quad dN/dt = N x / g$$

وعند حل هذه المعادلة التفاضلية نجد أن :

$$(3) \quad N = N_0 e^{x/g}$$

حيث تمثل  $N_0$  عدد النترونات الموجودة في لحظة البدء وتمثل  $N$  عدد النترونات بعد مضي زمن  $t$  على لحظة البدء . ويمثل المقدار  $(t/g)$  عدد الأجيال المنقضية خلال الزمن  $t$  ، ويرمز له عادة بالرمز  $n$  ،

$$(4) \quad n = t/g$$

وبناء عليه يمكن إعادة كتابة المعادلة (3) على النحو الآتي :

$$(5) \quad N = N_0 e^{nx}$$

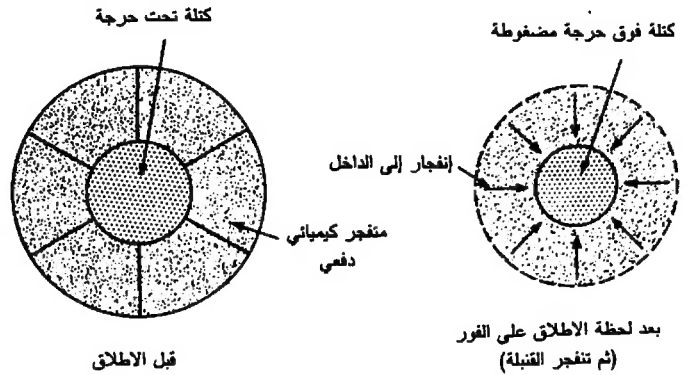
وإذا كانت قيمة  $x$  معلومة فإنه يمكن استخدام المعادلة (5) لحساب عدد النترونات بعد أي عدد من الأجيال في التفاعل الانشطاري المتسلسل ، أو حساب عدد الأجيال اللازمة لتوليد عدد معين من النترونات . وتبلغ قيمة  $f$  لليورانيوم 235 حوالي 2.5 في حين تبلغ قيمة  $1-f$  حوالي 0.5 ، وبالتالي فإن قيمة  $x$  تكون حوالي واحد  $(x=f-1-1=1)$  ويمكن إعادة كتابة المعادلة (5) على النحو الآتي :

$$(6) \quad N \approx N_0 e^n$$

وفقاً للبيانات المدرجة في الجدول (2) فإنه يلزم  $1.45 \times 10^{22}$  من الانشطارات ، وبالتالي  $1.45 \times 10^{22}$  من النترونات ، لإنتاج ما يكافئ 0.1 كيلوطن من اليان-تي إن تي . إذا ما بدأت عملية التفاعل الانشطاري المتسلسل بنترون واحد ، أي  $N_0 = 1$  ، فإن المعادلة (6) تفيد أنه يلزم حوالي 51 جيلاً لإنتاج ذلك العدد من النترونات . وبنفس المنطق فإنه يلزم 58 جيلاً لإنتاج الـ  $1.45 \times 10^{25}$  نترون اللازمة لإطلاق 100 كيلوطن من الطاقة . يتضح مما تقدم أن حوالي 99.9٪ من الطاقة في انفجار نووي انشطاري عيار 100 كيلوطن تنتج خلال الأجيال السبعة الأخيرة ، أي خلال حوالي  $0.07 \mu s$  . ويتضح من هذا أن الجزء الأعظم من طاقة الانشطار ينطلق خلال زمن قصير جداً . وتطبق نفس النتيجة على أي قدر من طاقة الانفجار الانشطاري .

بعد 50 جيلاً تقريباً ، أي بعد حوالي نصف ميكروثانية ( $0.5 \mu s$ ) ، لحظة بدء الانفجار الانشطاري المتسلسل ، فإن مقداراً هائلاً من الطاقة يكون قد انطلق يبلغ حوالي  $10^{11}$  سرعة حرارية ، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة المادة المتفجرة بشكل كبير جداً . نتيجة لذلك ، وبالرغم من الفعل المهدئ للمدك ولحفاظة السلاح النووي ، فإن المادة الانشطارية ستبدأ بالتقدم السريع . ويطلق على الزمن الذي يتم فيه هذا التمدد اسم « زمن الانفجار » (explosion time) . ويؤدي التمدد الحراري هذا إلى زيادة عدد النترونات الهاربة من السطح ، وبالتالي إلى الانتقال إلى المرحلة تحت الحرجة للكتلة وتوقف التفاعل الانشطاري المتسلسل . وبظل جزء ليس بالقليل في المادة الانشطارية دون تغير ، كما تستمر الانشطارات نتيجة لانتزاع النترونات ، إلا أن كمية الطاقة المنطلقة في هذه المرحلة تكون قليلة نسبياً .

الكتلتين بسرعة كبيرة باستخدام متفجر تقليدي (تي إن تي) بشكل يماثل صاعق التفجير في أنبوبة البندقية ، حيث يؤدي الدفع الناتج من انفجار الصاعق إلى دمج الكتلتين تحت الحرجتين في كتلة واحدة فوق حرجة بشكل آني . وأما في الطريقة الثانية فإنه يتم الوصول إلى حالة الكتلة الحرجة عن طريق ضغط الكتلة تحت الحرجة من اليورانيوم أو البلوتونيوم بسرعة حيث تصبح الكتلة فوق حرجة وفقاً لما تقدم . ويمكن الحصول على الضغط اللازم باستخدام ترتيب كروي لأشكال مصنوعة خصيصاً لهذه الغاية (عدسات) من المتفجرات الاعتيادية الشديدة . ويوضع في تجويف وسط المنظومة كرة من المادة الانشطارية ذات كتلة أقل من الكتلة الحرجة ، وعند الرغبة بإجراء التفجير النووي تندفع العدسات بواسطة متفجرات اعتيادية توضع خلفها نحو المركز في نفس اللحظة ، مما يؤدي إلى إحداث ضغط شديد على الكرة الانشطارية ويعمل على نقلها إلى الحالة فوق الحرجة تمهيداً لبدء التفاعل الانشطاري المتسلسل . ويمكن الحصول على نفس موجة الضغط الكروية هذه باستخدام عدد كبير من النقاط على سطح الكرة الانشطارية وإجراء التفجرات الاعتيادية (صواعق) عندها في آن واحد . وتؤدي هذه الموجة الكروية إلى ضغط اليورانيوم أو البلوتونيوم الانشطاري إلى الحالة الحرجة ، انظر الشكل (5) . ويؤدي سقوط النترونات من مصدر ملائم على الكتلة الحرجة إلى البدء بالتفاعل الانشطاري المتسلسل .

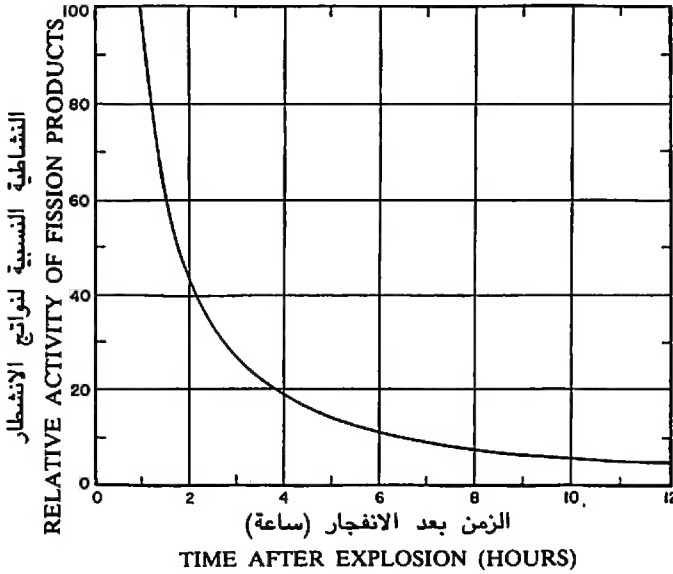


الشكل (5) : توضيح لمبدأ التفجير النووي وفقاً لطريقة المنظومة الكروية التي تعتمد على موجة الضغط الكروية للوصول إلى حالة الكتلة الحرجة

#### 4 - السُّلَّم الزمني للانفجار الانشطاري :

يمكن الوصول إلى فهم عميق لمعدل انطلاق الطاقة في انفجار انشطاري عن طريق معاملة الانشطار المتسلسل على أنه « أجيال » (Generations) متعاقبة . لنفترض أن عدداً من النترونات كان موجوداً في لحظة البدء وأن هذا العدد قد تم انتزاعه من قبل نوى انشطارية ، بالطبع سوف ينتج عن انشطار هذه النوى عدداً جديداً من النترونات . ويتم انتزاع هذه النترونات الجديدة من قبل نوى انشطارية أخرى ، حيث تنشطر بدورها وتنتج عدداً آخر من النترونات ، وهكذا دواليك . يطلق على كل مرحلة من مراحل سلسلة الانشطارية اسم « جيل » ويعرف متوسط الزمن المنقضي بين جيلين متعاقبين باسم « زمن الجيل » (Generation time) . إن الزمن اللازم للانشطار الفعلي للنواة قصير جداً ويتم انبعاث الغالبية العظمى من النترونات بشكل لحظي . لذلك فإن زمن الجيل في واقع الأمر هو متوسط الزمن المنقضي بين انبعاث نترون من نواة منشطرة وانتزاعه من قبل نواة انشطارية أخرى . وإذا كانت طاقة النترونات عالية عموماً فإنها تعرف باسم « النترونات السريعة » (Fast neutrons) ، ويكون زمن الجيل مساوياً لحوالي  $0.01 \mu s$  (0.01 ميكروثانية) .

قد أخذ مساوياً لـ 100 في الشكل ، ويدل المنحنى على التناقص المتعاقب للنشاط الإشعاعي بمرور الزمن . فمثلاً نلاحظ أن نشاط نواتج الانشطار قد انخفض إلى 10٪ ، من قيمته عند الساعة الأولى بعد الانفجار ، بعد مضي 7 ساعات . وخلال يومين تقريباً يكون النشاط الإشعاعي قد انخفض إلى 1٪ من قيمته عند الساعة الأولى بعد الانفجار .



الشكل (6) :

معدل انحلال نواتج الانشطار المكونة بعد انفجار نووي (لاحظ أن قيمة النشاط الإشعاعي قد افترضت أنها 100 بعد مضي ساعة واحدة على لحظة الانفجار)

إضافة إلى جسيمات بيتا وأشعة جاما ، هناك نوع آخر من النشاط الإشعاعي الباقي يجب التنبيه له . ويعزى هذا النشاط الإشعاعي إلى المادة الانشطارية الباقية دون انشطار بعد الانفجار النووي . إذ إن اليورانيوم والبلوتونيوم الانشطاريين يكونان نشطان إشعاعياً ، وتتمثل إشعاعيتهما بانبعثات ما يعرف « بجسيمات ألفا » التي هي شكل من أشكال الإشعاع النووي لأنها منبعثة من النواة . إلا أن جسيمات ألفا تختلف عن جسيمات بيتا المنبعثة من نواتج الانشطار ، فجسيم ألفا أثقل بكثير من جسيم بيتا وشحنة جسيم ألفا موجبة ومساوية في المقدار لضعف شحنة جسيم بيتا السالبة . وفي الواقع فإن جسيمات ألفا مماثلة تماماً لنوى ذرات الهيليوم .

نظراً للكتلة الكبيرة لجسيمات ألفا ولشحنتها فإن قدرتها على الاختراق تكون أقل بكثير من قدرة جسيمات بيتا أو أشعة جاما التي لها نفس الطاقة . ويتراوح مدى اختراق جسيمات ألفا الناتجة من المصادر المشعة للهواء بين 1 و 3 إنج قبل أن يتم توقفها . وليس بمقدورها اختراق الجلد (غير المجروح) ولا الملابس . لذلك فإن اليورانيوم (أو البلوتونيوم) الباقي بعد الانفجار النووي لا يشكل خطراً على الإنسان ما دام خارج الجسم . أما إذا دخل (اليورانيوم أو البلوتونيوم) جسم الإنسان عن طريق جروح في الجلد أو عن طريق الاستنشاق مثلاً فإن العواقب تكون وخيمة .

## 6 - التفاعلات الاندماجية النووية الحرارية :

يتم إنتاج الطاقة في الشمس والنجوم من التفاعلات الاندماجية المتعلقة باندماج مختلف النوى الخفيفة . وقد أجريت تجارب في عدة مختبرات باستخدام مسارعات الجسيمات المشحونة برهنت على أن اندماج نظائر الهيدروجين أمر ممكن . من المعروف أن الهيدروجين يوجد بثلاثة أشكال في

ولتلخيص ما تقدم ، يمكن القول أنه نظراً لانطلاق النيوترونات لحظة عملية الانشطار فإنه يمكن من حيث المبدأ الحصول على تفاعل انشطاري متسلسل مستمر ذاتياً (self-sustaining) ومصحوب بانطلاق كمية كبيرة من الطاقة . ونتيجة لذلك ، تتحول بضعة باوندات من مادة انشطارية إلى طاقة هائلة متحررة خلال جزء بسيط من الثانية تفوق الطاقة المتحررة من انفجار عدة آلاف الأطنان من مادة تي إن تي . هذا هو المبدأ الأساسي للأسلحة النووية الانشطارية .

## 5 - نواتج الانشطار :

يتكون العديد من النوى نتيجة للانشطارات النووية لليورانيوم أو البلوتونيوم بسبب انتزاعها للنيوترونات ، ويطلق على النوى الناتجة هذه اسم شظايا الانشطار (fission fragments) . وهناك حوالي 40 طريقة مختلفة لانشطار نوى اليورانيوم والبلوتونيوم ، وبالتالي فإن عدد شظايا الانشطار يبلغ حوالي 80 . وتعتمد طبيعة شظايا الانشطار وتركيز كل منها على نوع المادة المنشطرة وعلى طاقة النيوترونات المسببة للانشطار . فتختلف شظايا الانشطار الناتجة عن انشطار مادة يورانيوم 238 عند قذفها بالنيوترونات ذات السرعة العالية جداً ، مثلاً ، عن شظايا الانشطار الناتجة عن انشطار مادة اليورانيوم 235 عند قذفها بنيوترونات اعتيادية (ذات سرعات مختلفة) .

ويغض النظر عن أصل شظايا الانشطار ، البالغة حوالي الـ 80 ، فإن جميع هذه الشظايا تكون من النظائر المشعة للعناصر الأخف المعروفة . ويتجسد النشاط الإشعاعي لهذه الشظايا عادة بانبعثات أشعة بيتا منها . وتكون أشعة بيتا مصحوبة في معظم الأحيان بانبعثات أشعة جاما ، التي تعمل على تخليص الشظية المشعة لها من الطاقة الزائدة لديها . وفي حالات قليلة لا تنبعث أشعة بيتا وإنما تنبعث أشعة جاما فقط .

نتيجة لانبعثات أشعة بيتا ، تتحول النواة المشعة إلى نواة عنصر آخر يطلق عليه أحياناً اسم ناتج الانحلال (decay product) . وفي حالة شظايا الانشطار ، تكون نواتج الانحلال عادة نشطة إشعاعياً أيضاً ، حيث تقوم بدورها بالانحلال وإشعاع جسيمات بيتا وأشعة جاما . ويوجد في المتوسط أربعة مراحل متعاقبة من الانحلال الإشعاعي لكل شظية انشطار قبل الوصول إلى حالة الاستقرار (أي تكوين نواة غير نشطة إشعاعياً) . نظراً لحدوث الانشطار بعدد كبير من الطرق المختلفة ولتعدد مراحل الانحلال الإشعاعي لشظايا الانشطار ، فإن خليط نواتج الانشطار يصبح في غاية التعقيد . ويستخدم مصطلح نواتج الانشطار (fission products) عادة ليدل على هذا الخليط المعقد من النواتج . وقد تم التعرف على أكثر من 300 نظير لـ 36 عنصر من العناصر الخفيفة ، بدءاً بالخصائص (Zinc) وانتهاءً بالتربيوم (Terbium) ، ضمن نواتج الانشطار .

يُعبر عن معدل النشاط الإشعاعي لعنصر ما ، أي معدل انبعثات جسيمات بيتا وأشعة جاما من العنصر ، عادة بدلالة فترة « عمر النصف » (half-life) . ويقصد بفترة عمر النصف للعنصر الزمن اللازم لعدد من النوى من ذلك العنصر لكي ينحل نصفها بالإشعاع ، أي لكي ينقص عددها إلى النصف . ولكل نويدة (يقصد بالنويدة عينة نووية مكونة من عدد من نوى عنصر واحد) فترة عمر النصف الخاصة بها التي لا تعتمد على حالتها ولا على كميتها . وتتراوح قيم فترة عمر النصف لنواتج الانشطار بين جزء صغير من الثانية وملايين السنين . مع أن لكل نويدة من النويدات الموجودة ضمن نواتج الانشطار فترة عمر النصف الخاصة بها والمحددة ، إلا أن الخليط المتكون بعد الانفجار النووي يكون في غاية التعقيد لدرجة أنه من غير الممكن تمثيل الانحلال الكلي بدلالة عمر نصف . بالرغم من ذلك ، فقد وجد أنه يمكن إيجاد التناقص في شدة الإشعاع الكلي لنواتج الانشطار بشكل تقريبي من المنحنى المبين في الشكل (6) . إن النشاط الإشعاعي الباقي بعدد مرور ساعة واحدة على لحظة التفجير



التفاعلات النووية الحرارية الاندماجية المذكورة أعلاه . وإذا أحيطت هذه المجموعة من التفاعلات بحجم من الهيدروجين (أو من نظائره) وانتشرت الطاقة الحرارية خلال الحجم بسرعة فإن انفجاراً نووياً حرارياً يحصل .

نلاحظ من المعادلات (7) و (9) و (10) أن التفاعلات المبينة فيها تؤدي إلى توليد النيوترونات . ونظراً لصغر كتلة النيوترونات هذه فإنها تحمل معها طاقة التفاعل ، ولذلك يكون لديها طاقة كافية لشطر نوى اليورانيوم 238 ، إذ أن هذه النوى تحتاج لنيوترونات عالية الطاقة لكي تنشط كما تقدم . من هنا فإن تغليف القنبلة النووية الحرارية الاندماجية بغلاف من اليورانيوم 238 يؤدي إلى إنتاج تفجير نووي هائل ، حيث يستفاد من النيوترونات الناتجة من التفاعلات الاندماجية في إحداث تفاعلات انشطارية في نوى اليورانيوم 238 الموجودة في مادة الغلاف . ويكون انطلاق الطاقة من التفاعلات الانشطارية ، في المتوسط ، مساوياً تقريباً لانطلاق الطاقة من التفاعلات الاندماجية ، مع أنه قد يوجد بعض التفاوت في بعض الحالات . ففي الأسلحة النووية الانشطارية « المقواة » (boosted) تعزز النيوترونات الناتجة من التفاعلات النووية الحرارية عمليات الانشطار ، مما يجعل الطاقة المتحررة من التفاعلات الاندماجية النووية الحرارية تشكل جزءاً بسيطاً من ناتج الطاقة الكلي .

## 7- الإشعاع الحراري :

تعزى الظواهر المرتبطة مع التفجير النووي وتأثيراته على الناس والمواد بشكل كبير إلى الإشعاع الحراري وتفاعله مع الوسط المحيط بالانفجار . لذلك فإنه من الأهمية بمكان معرفة طبيعة هذه الإشعاعات . تُعد الإشعاعات الحرارية من « الأمواج الكهرومغناطيسية » ، التي هي شكل من أشكال الحركة الموجية تنتج عن الشحنات الكهربائية المهتزة والمجالات المغناطيسية المصاحبة للاهتزاز . يعد الضوء المرئي العادي أكثر أنواع الأمواج الكهرومغناطيسية شيوعاً ، وتنقل الإشعاعات الكهرومغناطيسية جميعاً بسرعة في الهواء (أو في الفراغ بتعبير أدق) ثابتة تعرف باسم سرعة الضوء وتساوي 186,000 ميل في الثانية . وتمتد الإشعاعات الكهرومغناطيسية من أشعة جاما ذات الأمواج القصيرة جداً (أو التردد العالي جداً) والأشعة السينية مروراً بالأشعة فوق البنفسجية غير المرئية إلى المنطقة المرئية ثم إلى الأشعة تحت الحمراء وأمواج الرادار والراديو ذات الأمواج الطويلة نسبياً (أو التردد المنخفض) .

يبين الشكل (7) الأطوال الموجية التقريبية وحزم الترددات التي تشغلها الأنواع المختلفة من الإشعاعات الكهرومغناطيسية . ويرتبط الطول الموجي  $L$  مقاساً بالسنتيمترات مع التردد  $f$  مقاساً بالهرتز (أي الدورات أو الذبذبات لكل ثانية) بالعلاقة الآتية :

$$(12) \quad Lf = c$$

حيث تمثل  $c$  سرعة الضوء والتي تبلغ تقريباً  $3 \times 10^{10}$  سنتيمتر لكل ثانية . وتعطي الطاقة  $E$  التي يحملها الفوتون (الجسيم الافتراضي للإشعاع) وفقاً لنظرية بلانك (Planck) في فيزياء الكم بالمعادلة :

$$(13) \quad E(\text{ergs}) = hf = \frac{hc}{L} = \frac{1.99 \times 10^{-16}}{L(\text{cm})}$$

حيث  $h$  ثابت يساوي  $6.62 \times 10^{-27}$  إرغ ثانية . ويبين الشكل (7) قيم الطاقة لمختلفة الفوتونات معبر عنها بوحدات مليون إلكترون فولت (MeV) أو ألف إلكترون فولت (KeV) أو بالكيلو إلكترون فولت (eV) . ويمكن إيجاد قيم الطاقة هذه من المعادلة (13) بعد تحويل وحدات الطاقة من إرغ إلى MeV كما في المعادلة الآتية :

$$(14) \quad E(\text{Mev}) = \frac{1.24 \times 10^{-10}}{L(\text{cm})}$$

الطبيعة كتلة النوى فيها 1 و 2 و 3 ، على الترتيب . وتعرف هذه الأشكال أو النظائر عادة بالهيدروجين ( $^1\text{H}$ ) والديتريوم ( $^2\text{H}$  أو  $\text{D}$ ) والتريتيوم ( $^3\text{H}$  أو  $\text{T}$ ) . وتحمل جميع هذه النوى شحنة موجبة واحدة في نواة كل منها ، أي تحمل بروتوناً واحداً في النواة ، إلا أن الاختلاف بينها يكون مرده إلى عدد النيوترونات الموجودة في النواة . فالنظير الأخف ( $^1\text{H}$ ) لا يحتوي على نيوترونات ، بينما تحتوي نواة الديتريوم ( $\text{D}$ ) على نيوترون بجانب البروتون الموجود فيها وتحتوي نواة التريتيوم ( $\text{T}$ ) على نيوترين بجانب البروتون الموجود فيها .

هناك عدة تفاعلات اندماجية تحدث بين نظائر الهيدروجين الثلاثة ، تتم بين نواتين من نفس النظير أو من نظيرين مختلفين . ويلزم أن تكون طاقة النوى عالية لكي يكون عدد المشاركين منها في التفاعلات الاندماجية ملموساً . ومن الطرق المتبعة لزيادة طاقة هذه النوى هي زيادة درجة الحرارة إلى مستويات عالية جداً . وفي مثل هذه الظروف توصف التفاعلات بأنها تفاعلات نووية حرارية (thermonuclear reactions) .

ويبدو أن أربعة من التفاعلات النووية الحرارية بين نظائر الهيدروجين تعد تفاعلات مهمة لانتاج الطاقة ، وذلك لأنها يمكن أن تتم بمعدلات عالية بما فيه الكفاية وعند درجات حرارة معقولة . هذه التفاعلات هي :

- |      |   |
|------|---|
| (7)  | $\text{D} + \text{D} \rightarrow ^3\text{He} + n + 2.2 \text{ Mev}$       |
| (8)  | $\text{D} + \text{D} \rightarrow \text{T} + ^1\text{H} + 4.0 \text{ Mev}$ |
| (9)  | $\text{T} + \text{D} \rightarrow ^4\text{He} + n + 17.6 \text{ Mev}$      |
| (10) | $\text{T} + \text{T} \rightarrow ^4\text{He} + 2n + 11.3 \text{ Mev}$     |

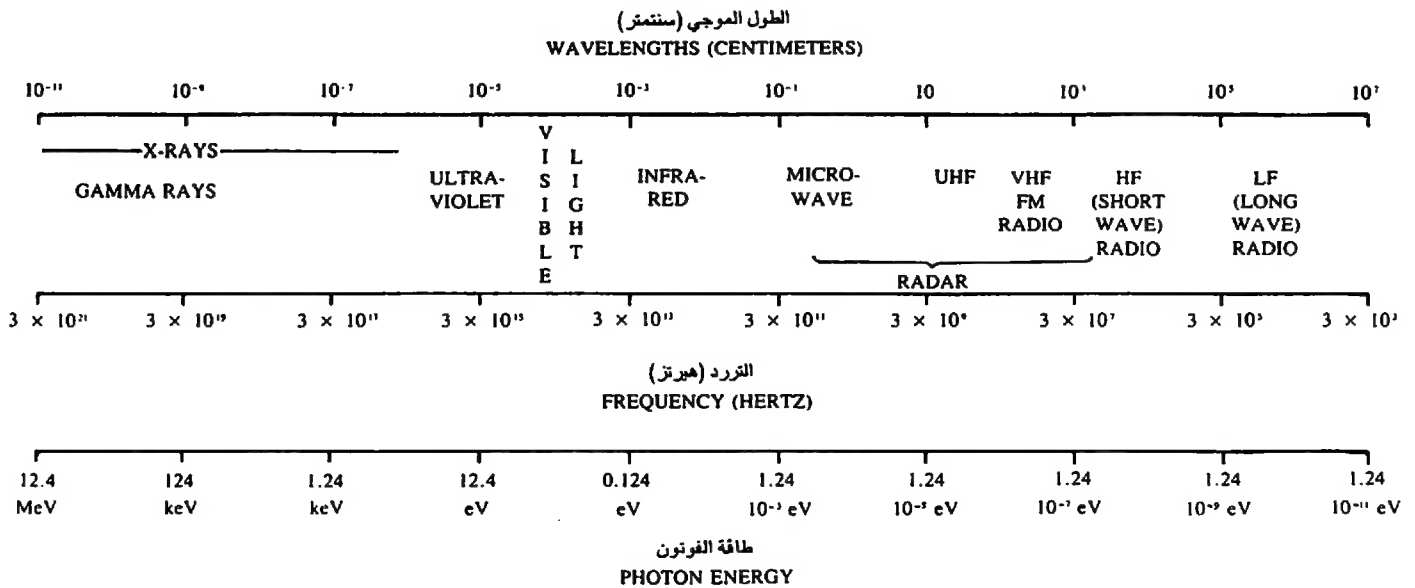
حيث يرمز  $\text{He}$  إلى عنصر الهيليوم و  $n$  إلى النيوترون . يحدث التفاعلات (7) و (8) من هذه التفاعلات بنفس الاحتمالية تقريباً ، وذلك عند درجات الحرارة المصاحبة للانفجارات النووية الانشطارية البالغة بضعة عشرات الملايين من درجات كلفن ، في حين أن للتفاعل (9) احتمالية حدوث أكبر بكثير وللتفاعل (10) احتمالية حدوث أقل بكثير . ولعقد مقارنة بين الطاقة الناتجة من التفاعلات الاندماجية والتفاعلات الانشطارية ، نلاحظ أن خمسة نوى ديتريوم في التفاعلات الثلاثة الأولى ، كتلتها مجتمعة 10 وحدات كتل ذرية ، تطلق ما مجموعه 24.8 MeV من الطاقة عند اندماجها . بينما يطلق اليورانيوم 235 ، الذي كتلته 235 وحدة كتل ذرية ، عند انشطاره ما مجموعه 200 MeV من الطاقة . من هنا فإن اندماج خمسة ديترونات ينتج ثلاثة أمثال الطاقة التي تنتجها كتلة نووية مماثلة في تفاعل انشطاري (عند انشطار اليورانيوم أو البلوتونيوم) .

من التفاعلات الأخرى ذات الأهمية في الأسلحة النووية الحرارية نجد التفاعل الآتي :

$$(11) \quad ^6\text{Li} + n \rightarrow ^4\text{He} + ^3\text{H} + 4.8 \text{ Mev}$$

حيث يرمز  $^6\text{Li}$  إلى نظير عنصر الليثيوم 6 الذي يشكل حوالي 7.4٪ من الليثيوم الطبيعي . وهناك تفاعلات اندماجية أخرى يدخل فيها نظير الليثيوم 7 الموجود بوفرة أكثر في الطبيعة . إلا أن التفاعل المبين في المعادلة (11) يظل الأكثر أهمية لسببين هما : (1) احتمالية حدوثه كبيرة و (2) إذا وضع الليثيوم في السلاح على شكل مركب الليثيوم ديترايد ( $\text{LiD}$  lithium deuteride) فإن التريتيوم الناتج من التفاعل يكون له احتمالية تفاعل عالية مع الديتريوم الموجود في المركب . وهكذا يتم توليد كمية كبيرة من الطاقة نتيجة للتفاعل الموضح في المعادلة (9) و انتاج نيوترونات إضافية للتفاعل مع الليثيوم 6 .

يلزم درجات حرارة تبلغ عشرات الملايين من الدرجات لجعل التفاعلات النووية الاندماجية تتم بالمعادلات المطلوبة . والطريقة الوحيدة الممكن تحقيقها على الأرض للوصول إلى هذه الدرجات هي التفاعل النووي الانشطاري . لذلك ، فإن ربط كمية من الديتريوم أو الليثيوم وتزايد (أو خليط من الديتريوم والتريتيوم) إلى سلاح نووي انشطاري يؤدي إلى بدء



**الشكل (7) : الأطوال الموجية والترددات وطاقة الفوتونات للإشعاعات الكهرومغناطيسية**

كذلك انقسام الطاقة بين الإشعاع الحراري المنقول إلى المسافات البعيدة وموجة الصدمة .

عند حدوث الانفجار النووي في الهواء ، حيث تكون قيمتا الضغط الجوي والكثافة للهواء مماثلة لقيمتيهما عند سطح البحر ، فإن جميع الأشعة السينية الطرية المنبعثة ضمن الإشعاع الحراري الابتدائي يتم امتصاصها خلال بضعة أقدام من نقطة الانفجار . ويقوم الجزء الأكبر من طاقة الإشعاع الحراري الابتدائي بتسخين الهواء المحيط بالانفجار النووي على الفور وإلى تكوين كرة النار . وبالتالي فإن جزءاً من الطاقة يعاد إشعاعه ثانية من كرة النار عند درجات حرارة أقل ، في حين يتحول الجزء الآخر إلى صدمة (أو انفجار) . ويفسر هذا لماذا ينتقل 35٪ إلى 45٪ فقط من طاقة الانشطار ، لتفجير هوائي ، على شكل إشعاع حراري إلى مسافات بعيدة ، مع أن الإشعاع الحراري الابتدائي يمثل من 70٪ إلى 80٪ من الطاقة الكلية للانفجار . من ناحية أخرى فإن انبعاث الإشعاع الحراري الثانوي عند درجات حرارة أقل يعني أن هذا الإشعاع يقع في المناطق ذات الأمواج الأطول (أو الطاقة الأقل) ، أي في مناطق الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء .

أما إذا حدث الانفجار على ارتفاعات عالية ، حيث تكون كثافة الهواء قليلة ، فإن الأشعة السينية الطرية تنتقل إلى مسافات بعيدة قبل أن تتضائل شدتها ويتم امتصاصها .

وهكذا تنتشر الطاقة عبر حجم كبير (وكتلة كبيرة) لدرجة أن معظم الذرات والجزيئات في الهواء لا تكون ساخنة جداً لعدم امتصاصها لطاقة كبيرة . وعلى الرغم من أن الطاقة الكلية المنبعثة على شكل إشعاع حراري في التفجير على ارتفاع عالٍ تكون أكبر من تلك المنبعثة عندما يتم التفجير على ارتفاع أقرب إلى سطح البحر ، فإن حوالي نصف الطاقة يعاد إشعاعه ببطء شديد بواسطة الهواء المسخن مما يقلل من أهمية هذه الإشعاعات كمصدر لإحداث الدمار . ويتم انبعاث الطاقة الباقية بسرعة كبيرة تفوق سرعة انبعاث مثيلتها في الانفجار على ارتفاع أقرب إلى سطح البحر . وتتولد موجة الصدمة نتيجة الانفجار على ارتفاع عالٍ ولكنها تنتج زيادة أقل في ضغط الهواء عند مسافات بعيدة مقارنة مع الزيادة في ضغط الهواء الناتجة عن موجة الصدمة لانفجار على ارتفاع أقرب إلى سطح البحر له نفس العيار .

ونلاحظ أن طاقة الإشعاعات تتناقص من اليسار إلى اليمين في الشكل ، أي أنه كلما زاد الطول الموجي فإن التردد ينقص .

تُعطى كثافة طاقة الإشعاع (الحراري) للمادة عند درجة حرارة معينة T في حالة الاتزان بالمعادلة الآتية :

$$E \text{ (الإشعاع)} = 7.6 \times 10^{-15} T^4 \text{ erg/cm}^3 \quad (15)$$

وتكون كثافة طاقة الإشعاع في الانفجارات الكيميائية التقليدية ، التي تتم عند حرارة حوالي 5,000°K ، أقل من 1erg/cm<sup>3</sup> مقارنة مع الطاقة الحركية والطاقة الداخلية (الالكترونية والاهتزازية والدورانية) للمادة والتي تبلغ حوالي 10<sup>8</sup>erg/cm<sup>3</sup> . لذلك فإن طاقة الإشعاع في الانفجارات الكيميائية تكون صغيرة جداً جداً مقارنة مع الطاقة الكلية لها . أما في الانفجارات النووية ، حيث تصل درجة الحرارة إلى بضعة عشرات الملايين من الدرجات ، فإن كثافة طاقة الإشعاع تكون حوالي 10<sup>16</sup>erg/cm<sup>3</sup> مقارنة مع الطاقة الحركية والطاقة الداخلية للمادة والتي تبلغ من 10<sup>14</sup> إلى 10<sup>15</sup>erg/cm<sup>3</sup> . ويقدر الجزء الموجود على شكل إشعاع حراري في بداية الانفجار النووي بحوالي 80٪ من الطاقة الكلية للانفجار .

إضافة إلى ازدياد كثافة طاقة الإشعاع بازدياد درجة الحرارة ، فإن معدل انبعاث الإشعاع الحراري يزداد أيضاً بازدياد درجة الحرارة . إذ تتبع الإشعاعات من المواد التي درجة حرارتها بضعة آلاف الدرجات ببطء ويكون معظم المنبعث منها في مناطق الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء من مناطق الطيف الكهرومغناطيسي ، الشكل (7) . أما عند درجة حرارة الانفجار النووي ، فإن الإشعاعات تنبعث بسرعة كبيرة جداً ويكون معظمها في المنطقة التي طول موجتها أقصر من طول موجة الأشعة فوق البنفسجية .

عند انفجار سلاح نووي ، يتم الوصول إلى الاتزان الحراري بسرعة في المادة الباقية ، وخلال حوالي ميكروثانية واحدة بعد الانفجار يكون حوالي 80٪ من طاقة الانفجار قد انبعث كإشعاع حراري ابتدائي ، ويتكون معظم هذا الإشعاع من أشعة « سينية طرية » (soft X-rays) (أي أشعة سينية طويلة الموجة منخفضة الطاقة) . أما الجزء الباقى من طاقة الانفجار فإنه يظهر على شكل طاقة حركة للحطام الباقى من السلاح في هذه اللحظة . ويتغير تفاعل الإشعاع الحراري الابتدائي وجسيمات الحطام مع الوسط المحيط بالانفجار بتغير ارتفاع نقطة الانفجار ، ويحدد الارتفاع

## الذرة والتنمية : فهرس المجلدين الأول والثاني 1990/1989

الموضوع	الصفحة	العدد	المجلد	التاريخ
الطاقة النووية عالميا ... الواقع والتوقعات (القسم الثالث)	1	5	2	أيار 1990
أنشطة الدول الأعضاء في مجال الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية : معهد بحوث الطاقة الذرية في المملكة العربية السعودية	1	5	2	أيار 1990
أخبار الطاقة في العالم	4	5	2	أيار 1990
تطور تقانة المفاعلات النووية عبر مراحل استخدامها (القسم الأول)	1	6	2	حزيران 1990
نافذة على العالم : الرصد الإشعاعي في ألمانيا	1	6	2	حزيران 1990
الإحصائية	4	6	2	حزيران 1990
أخبار الهيئة				
تطور تقانة المفاعلات النووية عبر مراحل استخدامها (القسم الثاني)	1	7	2	تموز 1990
الاهتمام بعلم المواد وتقاناتها ضرورة صناعية وحضارية	1	7	2	تموز 1990
أخبار عالمية	4	7	2	تموز 1990
الطاقة النووية وظاهرة البيت الأخضر (البيت الزجاجي) : (العددان 8 و 9 خاصان بالبيئة)	4-1	9+8	2	أب 1990 أيلول 1990
تطور تقانة المفاعلات النووية عبر مراحل استخدامها (القسم الثالث)	1	10	2	تشرين أول 1990
أنشطة الدول الأعضاء في مجال الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية : هيئة الطاقة الذرية السورية	1	10	2	تشرين أول 1990
المطبوعات والدوريات الصادرة عن هيئة الطاقة الذرية السورية	3	10	2	تشرين أول 1990
أخبار الهيئة العربية للطاقة الذرية	4	10	2	تشرين أول 1990
أخبار العالم	4	10	2	تشرين أول 1990
تأثيرات الأسلحة النووية : مبادئ الانفجارات النووية	1	11	2	تشرين ثاني 1990
استمرار الخطر النووي الاسرائيلي على الأمن القومي العربي	1	11	2	تشرين ثاني 1990
صدور الكتاب الأحمر لليورانيوم	7	11	2	تشرين ثاني 1990
الذرة والتنمية في إطارها الجديد	8	11	2	تشرين ثاني 1990
أخبار العالم	8	11	2	تشرين ثاني 1990
أخبار الهيئة	8	11	2	تشرين ثاني 1990
تأثيرات الأسلحة النووية : الاسس العلمية للتفجيرات النووية	1	12	2	كانون الأول 1990
الذرة والتنمية : فهرس المجلدين الأول والثاني 1990/1989	7	12	2	كانون الأول 1990
أخبار الهيئة	8	12	2	كانون الأول 1990

الموضوع	الصفحة	العدد	المجلد	التاريخ
الذرة مصدر للطاقة	1	1	1	أب 1989
الهيئة العربية للطاقة الذرية ... لماذا ؟	1	1	1	أب 1989
آراء حول الطاقة الذرية	3	1	1	أب 1989
نشاطات المدير العام	3	1	1	أب 1989
الاستخدام السلمي للطاقة الذرية (أخبار)	4	1	1	أب 1989
الهيئة العربية للطاقة الذرية (أخبار)	4	1	1	أب 1989
الذرة والأمن الغذائي :	1	2	1	أيلول 1989
الهيئة العربية للطاقة الذرية وأهمية العمل العلمي العربي المشترك	1	2	1	أيلول 1989
الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية (أخبار)	4	2	1	أيلول 1989
الهيئة العربية للطاقة الذرية (أخبار)	4	2	1	أيلول 1989
الذرة والتنمية الصناعية	1	3	1	تشرين أول 1989
الامة العربية والتحديات الحضارية الراهنة ودور العلم	1	3	1	تشرين أول 1989
الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية (أخبار)	4	3	1	تشرين أول 1989
الهيئة العربية للطاقة الذرية (أخبار)	4	3	1	تشرين أول 1989
الذرة وصحة الإنسان	1	4	1	تشرين ثاني 1989
التهديد النووي الصهيوني والموقف العربي المطلوب	1	4	1	تشرين ثاني 1989
الطاقة الذرية والبيئة	2	4	1	تشرين ثاني 1989
الهيئة العربية للطاقة الذرية (أخبار)	4	4	1	تشرين ثاني 1989
المفاعل النووي	1	5	1	كانون أول 1989
الموازنة بين اهتمام العالم بالبيئة وحاجته إلى الطاقة	1	5	1	كانون أول 1989
المفاعل المولد السريع	1	1	2	كانون ثاني 1990
أهمية شبكة الرصد الإشعاعي على مستوى الوطن العربي	1	1	2	كانون ثاني 1990
الطاقة النووية وظاهرة البيت الأخضر	3	1	2	كانون ثاني 1990
الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية (أخبار)	4	1	2	كانون ثاني 1990
الهيئة العربية للطاقة الذرية (أخبار)	4	1	2	كانون ثاني 1990
مفاعل الاندماج النووي	1	2	2	شباط 1990
الطاقة والمستقبل في ضوء مؤشرات مؤتمر الطاقة العالمي الرابع عشر المنعقد في كند - أيلول 1989	1	2	2	شباط 1990
مستقبل الطاقة النووية عالميا (القسم الأول)	1	3	2	أذار 1990
الوكالة الدولية للطاقة الذرية والعمل العربي المطلوب	1	3	2	أذار 1990
أخبار الهيئة	4	3	2	أذار 1990
آراء في الطاقة النووية	4	3	2	أذار 1990
أخبار الطاقة عالميا	4	3	2	أذار 1990
الطاقة النووية عالميا ... الواقع والتوقعات (القسم الثاني)	1	4	2	نيسان 1990
مصادر الطاقة والمستقبل	1	4	2	نيسان 1990
أخبار الهيئة العربية للطاقة الذرية	4	4	2	نيسان 1990
نشاطات المدير العام	4	4	2	نيسان 1990
أخبار الطاقة الذرية في العالم	4	4	2	نيسان 1990

## أخبار الهيئة

### 1 - الشبكة القومية للرصد الإشعاعي والاذنار المبكر :

قامت الهيئة العربية للطاقة الذرية بتنفيذ المرحلة الاولى من مشروعها رقم (17) لعام 1990 الخاص بانشاء الشبكة القومية للرصد الاشعاعي والاذنار المبكر. ويأتي هذا المشروع استجابة من الهيئة لدورها القومي في حماية الوطن العربي من اخطار الحوادث والتفجيرات النووية، اذ شكلت الهيئة فريق عمل من المختصين وكلفته بوضع دراسة جدوى واسلوب التنفيذ اللازمين لانشاء الشبكة القومية للرصد الاشعاعي والاذنار المبكر. وتهدف هذه الشبكة الى مراقبة مستويات الخلفية الاشعاعية في اقطار الوطن العربي كافة، ورصد أي تغيير غير اعتيادي فيها، واذنار الجهات صاحبة القرار في الاقطار العربية في وقت مبكر لتمكينها من اتخاذ الاجراءات الملائمة لمواجهة اخطار الاشعاعات النووية الصادرة، التي قد تنشأ نتيجة لتفجير نووي أو نتيجة لحادث نووي في احدى محطات توليد الطاقة الكهربائية، التي تعمل بالطاقة النووية، والمنتشرة في العديد من دول العالم الآن. وأقرب مثال لازال عالقا في الازهان هو الحادثة النووية التي وقعت في مفاعل تشرنوبل في الاتحاد السوفيتي عام 1986 وأدت الى انتشار المواد النووية المشعة إلى معظم اقطار العالم.

وقد عقد فريق العمل أول اجتماع له في عمان - المملكة الاردنية الهاشمية للمدة

22-25/12/1990 ووضع دراسة الجدوى والخطوات اللازمة لتنفيذ مشروع الشبكة القومية للرصد الاشعاعي والاذنار المبكر. وتقوم الهيئة العربية للطاقة الذرية بالتعاون مع الاقطار العربية ووكالة الطاقة الذرية الدولية بمتابعة تنفيذ المشروع. وستبدأ الهيئة في المرحلة التمهيديّة من المشروع بقياس مستويات الخلفية الاشعاعية لاقطار الوطن العربي بقصد الرجوع إليها في المراحل اللاحقة من المشروع. ويتوقع أن يستغرق تنفيذ مراحل المشروع كافة أربعة أعوام تنتهي عام 1994.

### 2 - نظم الوقاية من الإشعاع والمعايير المتبعة عالميا :

انسجاما مع دور الهيئة العربية للطاقة الذرية في تدريب القوى البشرية العربية وتأهيلها في موضوع الوقاية من الاشعاع، فقد عقدت الهيئة حلقة دراسية حول نظم الوقاية من الاشعاع والمعايير المتبعة عالميا في عمان / المملكة الاردنية الهاشمية للمدة 26-30/12/1990.

وتأتي هذه الحلقة تنفيذا للمشروع رقم 10 من مشاريع الهيئة للعام 1990. وتم في الحلقة مناقشة خمس عشرة ورقة عمل تتعلق بالجوانب المختلفة لنظم الوقاية من الاشعاعات النووية المؤينة. وقد شارك في الحلقة أربعون مختصا من اقطار الوطن العربي. وستقوم الهيئة بطباعة أوراق العمل المقدمة في الحلقة في كتاب خاص وتوزعه

على الاقطار العربية للاستفادة منه في وضع التشريعات الخاصة بنظم الوقاية من الاشعاع.

### 3 - المؤتمر العربي الاول للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية :

ضمن جهود الهيئة العربية للطاقة الذرية في نقل العلوم والتقانة النووية وتطبيقاتها السلمية الى اقطار الوطن العربي، تنظم الهيئة بالتعاون مع مؤسسة الطاقة الذرية الليبية المؤتمر العربي الاول للاستخدامات السلمية للطاقة الذرية في طرابلس للمدة 2-6/2/1991، وذلك من خلال أحد مشاريعها في خطتها الخمسية 1990-1994. وسيشارك في المؤتمر أكثر من مائة عالم وباحث من العاملين في المجالات النووية، يناقشون بحوثا في استخدامات النظائر المشعة في الطب والزراعة والغذاء والكشف عن المياه الجوفية وبحوثا في تقنيات المفاعلات النووية والبيئة، اضافة الى بحوث في العلوم النووية الاساسية.

### 4 - الهيئة تنتقل إلى مقرها الجديد :

منذ مباشرة الهيئة العربية لمهامها عام 1989 كان مقرها هو نفس مقر الامانة العامة لجامعة الدول العربية الموجود في 37، شارع خير الدين باشا. ومع انتقال الامانة العامة للجامعة من تونس، فقد انتقلت الهيئة إلى مقر جديد يقع في 22، شارع افريقيا في مدينة تونس.

محمّد يوسف اللواتي

## الذرة والتنمية



نشرة علمية اعلامية تصدرها الهيئة العربية للطاقة الذرية تعنى بالتطبيقات السلمية للطاقة الذرية.

المراسلات :

22، شارع افريقيا - المنزه الخامس - ص.ب. 402

1004 تونس - الجمهورية التونسية

هاتف : 230.102 - 237.311 - 238.137